

0.782949

На правах рукописи



КУБАРЕВ ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ
РАДИОАКТИВНОСТИ И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ДОБЫЧЕ И ПОДГОТОВКЕ НЕФТИ**

Специальность 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бугульма – 2010

Работа выполнена в Татарском научно-исследовательском и проектном институте нефти (ТатНИПИнефть) ОАО «Татнефть»

Научный руководитель: доктор технических наук, академик АН РТ
Ибатуллин Равиль Рустамович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Мусабилов Мунавир Хадеевич
кандидат химических наук
Телин Алексей Герольдович

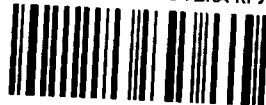
Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального обучения «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина»

Защита состоится 10 июня в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д.222.018.01 в Татарском научно-исследовательском и проектном институте нефти (ТатНИПИнефть) ОАО «Татнефть» по адресу: 423236, Республика Татарстан, г. Бугульма, ул. М. Джалиля, 32.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке

Автореферат разослан 7 мая 2010 года

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000726958

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук

Львова И.В.

Актуальность исследований. Охрана окружающей среды и создание благоприятных условий жизнедеятельности являются глобальными проблемами современности. Среди прочих особое место занимает проблема обеспечения радиационной безопасности при разработке нефтяных месторождений.

Острота данной проблемы для нефтедобывающих регионов Татарстана обусловлена тем, что большая часть осадков, содержащих природные радионуклиды (ПРН) в повышенных концентрациях, находится на объектах подготовки нефти центральных площадей Ромашкинского месторождения, т.е. в наиболее густонаселенных районах юго-востока республики.

Детальное изучение физико-химических основ возникновения радиоактивности в скважинах проводилось, в основном, в рамках геофизических исследований. Вопросы обеспечения радиационной безопасности при разработке нефтяных месторождений и предотвращения поступления радионуклидов в окружающую среду, обусловленные отложениями осадков с повышенным содержанием ПРН, практически не изучались.

Целью диссертационной работы является разработка мероприятий по обеспечению радиационной безопасности при разработке нефтяных месторождений на основе оценки радиационной обстановки.

Основные задачи исследований.

1. Комплексное изучение и анализ радиационной обстановки на объектах добычи и подготовки нефти.
2. Выявление закономерностей формирования радиационной обстановки на разных стадиях разработки Ромашкинского нефтяного месторождения и особенностей изменения содержания радионуклидов в попутно добываемой воде в процессе разработки нефтяного месторождения.
3. Разработка методики прогноза образования радиоактивных осадков при добыче нефти.
4. Исследование механизма миграции и перераспределения природных радионуклидов в окружающей среде при разработке нефтяных месторождений.
5. Разработка мероприятий по обеспечению радиационной безопасности при добыче и подготовке нефти.

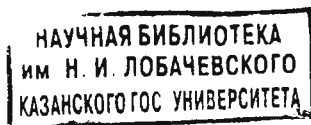
Методы решения поставленных задач. Анализ и обобщение результатов теоретических, лабораторных исследований и промысловых работ с применением статистических методов обработки данных.

Научная новизна.

1. Установлены закономерности изменения общей и удельной активности изотопа радия в попутно добываемой воде в процессе разработки Ромашкинского месторождения. Общая активность имеет экстремум на начальных стадиях разработки месторождения в период извлечения первого порового объема жидкости из продуктивных девонских отложений, при этом величина удельной активности радия в попутно добываемых водах экспоненциально снижается с 50 до 10 Бк/л на завершающих стадиях разработки при извлечении двух поровых объемов закачиваемой воды для поддержания пластового давления.
2. Получены зависимости растворимости радиобарита и концентрации ионов бария от изменения минерализации попутно добываемой девонской воды при разработке Ромашкинского месторождения. Установлено, что содержание ионов бария прямо пропорционально минерализации девонской воды в диапазоне 25-280 г/л при концентрации сульфат-ионов до 0,038 г/л.
3. Выявлены механизм и динамика распространения природных радионуклидов из осадков с повышенным содержанием ПРН, образующихся при разработке и эксплуатации нефтяных объектов. Доминирующую роль в поступлении радионуклидов в окружающую среду играют процессы:
 - механического переноса осадков с ПРН;
 - выщелачивания радионуклидов из осадков и распространения их с водой;
 - выделения радона из осадков и перенос радионуклидов в виде аэрозолей, причем, установлено, что повышение температуры осадков до 70°C увеличивает интенсивность образования радиоактивных аэрозолей в два раза.

Основные защищаемые положения.

1. Результаты экспериментальных и промысловых исследований по определению содержания радия в попутно добываемых водах в процессе разработки Ромашкинского нефтяного месторождения.
2. Методика прогнозирования отложения радиобарита на внутрискважинном оборудовании.



3. Результаты оценки воздействия осадков с повышенным содержанием ПРН, образующихся при нефтедобыче, на окружающую среду.

Практическая значимость работы.

1. Изучена радиационная обстановка на территории юго-востока Республики Татарстан. Создана база данных используемого в технологическом цикле оборудования, содержащего природные радионуклиды в повышенных концентрациях.

2. Проведена оценка динамики и объемов выноса на поверхность с попутно добываемой водой нуклидов радия для использования в планировании мероприятий по контролю за радиационным воздействием на окружающую среду при разработке нефтяного месторождения.

3. Разработаны предложения по предотвращению и снижению интенсивности образования осадков с ПРН на нефтедобывающем оборудовании для внесения дополнений в действующие документы, используемые при проектировании разработки нефтяных месторождений.

4. Разработана и реализована система мероприятий по обеспечению радиационной безопасности на производственных объектах ОАО «Татнефть». Основные результаты исследований внедрены в производство в виде руководящих документов: РД 153-39.0-591-08 «Технологический регламент на радиационно-безопасную технологию стабилизации нефтесодержащего сырья», РД 153-39.0-592-08 «Технологический регламент извлечения углеводородов из донных осадков с повышенным содержанием ПРН, размещенных на территории объектов подготовки нефти», РД 153-39.0-593-08 «Технологический регламент по обеспечению радиационной безопасности при ремонте и демонтаже оборудования, сборе и реализации металлолома», РД 153-39.0-594-08 «Общий регламент по обеспечению радиационной безопасности на объектах подготовки нефти ОАО «Татнефть».

Результаты исследований использованы также при разработке нормативных документов ОАО «Татнефть», «Экологической программы ОАО «Татнефть» на 2000-2015 годы» и «Политики ОАО «Татнефть» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды» (2008 г.).

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-практической конференции «Техника и технология до-

бычи нефти на современном этапе» (г. Альметьевск, 1998 г.), на научно-практической конференции, посвященной 70-летию башкирской нефти «Роль региональной отраслевой науки в развитии нефтедобывающей отрасли» (г. Уфа, 2002 г.), на научно-технической конференции, посвященной 50-летию ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть» (г. Бугульма, 2006 г.), на третьей научной конференции «Промышленная экология и безопасность» (г. Казань, 2008 г.), на научно-практическом семинаре «Перспективные направления работы в технике и технологии добычи нефти» (р.п. Джалиль, 2009 г.).

Публикации. Основные положения диссертационной работы отражены в 9 публикациях, в т.ч. в 2 статьях из списка научных журналов, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 34 таблицы, 29 рисунков, список использованной литературы из 128 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и важность проблемы обеспечения радиационной безопасности при разработке нефтяных месторождений. Сформулированы цели и задачи исследований. Изложены практическая значимость и защищаемые положения диссертационной работы.

В первой главе дается подробный анализ современного состояния исследований в области обеспечения радиационной безопасности при разработке нефтяных месторождений России и за рубежом.

Исследованиям причин и механизмов отложения осадков с повышенным содержанием природных радионуклидов, а также проблемам обеспечения экологической безопасности при эксплуатации нефтяных месторождений посвящены работы Алекперова Р.А., Алексеева Ф.А., Антонова Г.П., Зайцева В.И., Исмат А.Р., Крапивского Е.И., Мамедова Р.А., Мартиросяна В.Б., Новозенко В.А., Рыжакова В.Н., Саттаровой Ф.М., Сокольского С.В., Старика И.Е., Хуснуллина М.Х., Чепенко Б.А., Черникова В.С., Шрамченко А.Д., Эфендиева Г.Х., Андерсона Д., Грея П., Смит А., Тернера Л. и других авторов.

Анализ литературных источников и результаты исследований автора показывают, что в настоящее время образование осадков, содержащих ПРН, - это неизбежный побочный процесс при разработке нефтяных месторождений, существующий в той или иной степени во всех нефтегазодобывающих регионах.

Рассмотрены причины образования осадков с ПРН. Приведены изученные автором физико-химические характеристики осадков и их изотопный состав для ряда нефтедобывающих регионов. Отмечено, что физико-химические характеристики осадков, образующихся в технологическом оборудовании нефтяных месторождений Татарстана, и их изотопный состав аналогичны отложениям в других нефтедобывающих регионах России и мира.

На основе анализа полученных данных показано, что радиоактивность осадков обусловлена наличием в них изотопов радия и продуктов их распада. Изотопы радия находятся в осадках в виде соединения - радиобарита $Ba(Ra)SO_4$.

Показано, что осадки можно разделить на две группы, различающиеся по своим физико-химическим характеристикам. К первой относятся осадки, образующиеся на оборудовании скважин, которые состоят в основном из радиобарита. Ко второй – осадки, образующиеся в технологическом оборудовании системы подготовки нефти, они имеют более сложный минеральный состав и в них содержится значительное количество углеводов (тяжелые фракции нефти, асфальто-смолистые вещества, парафины).

Во второй главе приведены результаты исследований и анализ радиационной обстановки на производственных объектах ОАО «Татнефть».

Результаты радиометрических исследований показывают, что значения мощности эффективной дозы (МЭД) гамма-излучения на поверхности оборудования изменяется в широких пределах и достигает 20 мкЗв/ч. Однако, более чем в 90 % случаев ее величина на поверхности оборудования не превышает 2,5 мкЗв/ч. Среднее значение МЭД на поверхности оборудования в целом по всем объектам подготовки нефти (ОПН) составляет 0,55 мкЗв/ч, т.е. более чем в четыре раза меньше значения допустимой среднегодовой МЭД гамма-излучения – 2,5 мкЗв/ч, установленного в нормах радиационной безопасности.

Показано, что отложения солей с повышенным содержанием ПРН в оборудовании обусловлено разработкой только объектов девонских отложений.

При добыче нефти из карбонатных отложений загрязнения технологического оборудования природными радионуклидами не обнаружено.

Для оценки количества и активности осадков с повышенным содержанием ПРН, размещенных на ОПН, разработана и внедрена в производство «Методика по инвентаризации нефтешламов с ПРН, размещенных на территории объектов сбора и подготовки нефти». Установлено, что основные объемы осадков с ПРН сосредоточены на объектах четырех НГДУ: «Азнакаевскнефть», «Альметьевнефть», «Джалильнефть» и «Лениногорскнефть» (рисунок 1).

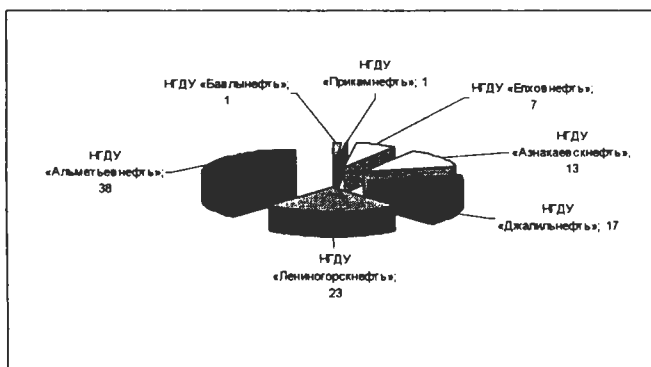


Рисунок 1 – Распределение количества осадков с повышенным содержанием ПРН по НГДУ (%).

По данным радиометрических обследований установлено, что радиационное загрязнение территорий, граничащих с ОПН, дорог общего пользования, административных и подсобных помещений на нефтепромысловых объектах отсутствует.

Для оценки влияния осадков с ПРН, размещенных на территории ОПН, на окружающую среду были проведены исследования по определению содержания изотопов радия в грунтах и подземных водах.

По результатам исследований следует, что наличие на ОПН осадков с повышенным содержанием ПРН не создает дополнительной радиационной нагрузки на окружающую среду.

В третьей главе приведены результаты исследований и анализ процессов отложения осадков с повышенным содержанием ПРН в процессе разработки Ромашкинского нефтяного месторождения.

Проведенный анализ по стадиям разработки эксплуатационных объектов девонских отложений Ромашкинского месторождения показывает следующее:

- 1) На начальной стадии разработки месторождения с применением заводнения происходило увеличение уровня добычи нефти и жидкости за счет интенсивного бурения и освоения системы поддержания пластового давления (ППД). На этом этапе отложений солей с повышенным содержанием ПРН на нефтепромысловом оборудовании практически не наблюдалось, т.к. добывалась в основном безводная нефть.
- 2) Вторая стадия разработки характеризовалась выходом месторождения на максимальную добычу нефти и ростом обводненности добываемой продукции. На данном этапе происходило смешивание пластовых и закачиваемых пресных вод. В результате несовместимости пластовых и пресных закачиваемых вод наблюдались случаи отложения солей радиобарита на внутрискважинном оборудовании.
- 3) На третьей стадии разработки Ромашкинского месторождения произошло существенное увеличение числа скважин с отложениями радиобарита, что связано с высоким темпом роста обводненности добываемой продукции.
- 4) На поздней стадии разработки месторождения за счет принятых мер по реорганизации систем сбора и ППД, перехода на закачку сточных минерализованных вод, а также за счет обработки призабойной зоны пласта и закачиваемой воды различными ингибиторами солеотложений произошло существенное снижение количества скважин, осложненных отложением радиобарита. В течение 90-х годов ингибирование попутно добываемых вод по солеотложениям практически не проводилось, что привело к очередному росту числа добывающих и нагнетательных скважин с отложениями радиобарита.

Существующая система сбора и подготовки добываемой продукции с использованием смешивания вод различного химического состава привела к отложению осадков с повышенным содержанием ПРН на технологическом оборудовании в замкнутой системе: добывающая скважина – система сбора – система подготовки нефти – нагнетательная скважина.

В ходе исследований автором было установлено изменение удельной активности радия в водах в процессе подготовки нефти от входа товарного парка до выхода с очистных сооружений в систему ППД.

В таблице 1 приведены обобщенные результаты исследований содержания радия на различных этапах подготовки нефти. Среднее значение удельной активности попутно добываемой воды на входе объектов подготовки нефти составляет 6,24 Бк/кг, а на выходе очистных сооружений – 2,27 Бк/кг. Следовательно, в процессе движения добываемой жидкости по технологической цепочке в воде происходит снижение удельной активности радия, это указывает на осаждение нуклидов радия в оборудовании.

Таблица 1 – Удельная активность радия-226 в водах на различных этапах подготовки нефти.

Место отбора	УА Ra-226, Бк/л
	<u>мин.-макс.</u> среднее
Входная продукция, попутно добываемая вода	<u>0,2-28,3</u> 6,24
Сточные воды после II ступени сепарации	<u>0,38-15,96</u> 4,67
Сточные воды до очистных сооружений	<u>0,19-13,81</u> 3,92
Сточные воды после очистных сооружений	<u>0,1-9,58</u> 2,27

Для определения изменения удельной активности радия в попутно добываемых водах девонских отложений Ромашкинского месторождения отбирались пробы добываемой продукции с устья добывающих скважин, смесь продукции на ДНС, сточной воды на установках предварительного сброса воды, на входе товарных парков и на выходе с очистных сооружений.

Поскольку характер изменения удельной активности радия в попутно добываемых водах на всех площадях одинаковый, более детально этот процесс рассмотрен на примере Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения.

В промышленную разработку Восточно-Сулеевская площадь вступила в 1956 году. Первая стадия разработки продолжалась по 1960 год. На этой стадии разработки значимого отложения солей с повышенным содержанием ПРН на технологическом оборудовании не происходило, т.к. условий для образований радиобарита не было. Попутно-добываемая вода в этот период характеризовалась максимальными значениями удельной активности радия, но в связи с минимальной обводненностью продукции, общее количество выносимого радия было незначительным.

Вторая стадия, стадия максимальных уровней добычи нефти, длилась 15 лет. Обводненность продукции нарастала высокими темпами и к концу периода достигла 57 %. Произошел переход на механизированный способ добычи нефти. Данный период характеризуется снижением удельной активности радия в попутно добываемых водах. Однако, общая активность радия, извлекаемого с водой на поверхность, резко возросла и достигла максимальных значений. На этой стадии разработки произошел прорыв закачиваемых пресных вод в добывающие скважины, что привело к отложению радиобарита на скважинном оборудовании. Этот факт регистрировался при гамма-каротаже скважин.

С 1976 года площадь вступила в третью стадию разработки, длившуюся пять лет и характеризовавшуюся ежегодным снижением добычи нефти. Удельная активность радия в попутно добываемых водах уменьшалась, общая активность извлекаемого радия прошла через максимум и также начала снижаться.

Применение третичных методов увеличения нефтеотдачи пластов на объектах Восточно-Сулеевской площади было начато с 1972 года закачкой оторочек серной кислоты. При этом содержание сульфат-ионов в закачиваемой воде увеличилось кратно, что увеличило количество скважин, осложнившихся отложениями солей с ПРН.

Четвертая, завершающая стадия разработки площади началась в 1981 году. Для этого этапа характерна высокая обводненность продукции. На начальном этапе стадии разработки также происходило плавное снижение удельной активности вод с последующей стабилизацией ее на уровне 5 Бк/л.

На рисунке 2 приведена динамика изменения удельной активности радия в попутно добываемых водах и обводненности добываемой жидкости. Видно, что большая часть высокоактивных попутно добываемых вод извлекается на начальных стадиях разработки. В дальнейшем происходит падение удельной активности радия в воде.

На рисунке 3 построена зависимость удельной активности радия в попутно добываемой воде от обводненности добываемой продукции в процессе разработки Восточно-Сулеевской площади. По данной зависимости видно, что резкое падение удельной активности наблюдается с величин обводненности больше 30 %.

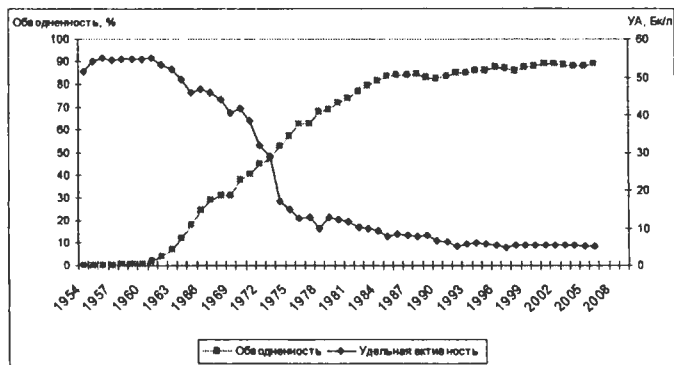


Рисунок 2 – Зависимость обводненности добываемой продукции и удельной активности радия в попутно добываемой воде в процессе разработки Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения.

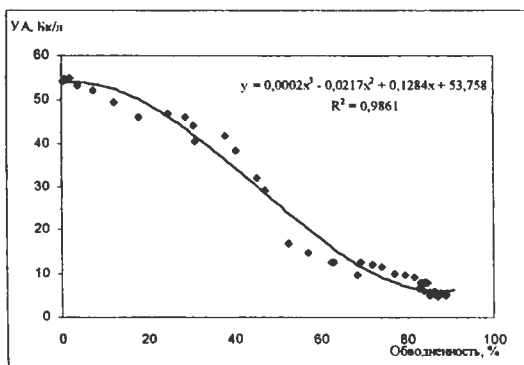


Рисунок 3 – Зависимость удельной активности радия в попутно добываемой воде от величины обводненности в процессе разработки Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения.

В процессе разработки Ромашкинского месторождения произошло снижение минерализации попутно добываемых вод. По обобщенным данным снижение минерализации вод залежей D_0 и D_1 сопровождалось уменьшением концентрации ионов хлора, натрия и увеличением содержания сульфат-ионов. На рисунке 4 показано изменение величины минерализации попутно добываемой воды во времени. В целом характер изменения минерализации вод и удельной активности радия в водах совпадают.

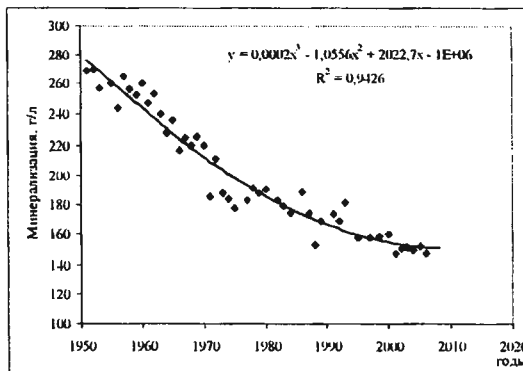


Рисунок 4 – Изменение величины минерализации попутно добываемых вод в процессе разработки Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения.

Максимальное количество радия, извлекаемого с попутно добываемой водой, приходится на конец второй – начало третьей стадии разработки Восточно-Сулеевской площади (рисунок 5). По этой зависимости общее количество радия, выносимого с попутно добываемой водой, достигает максимума при обводненности добываемой жидкости 50-70 %. Из этого следует, что наиболее радиационно-опасным является этот период обводнения добываемой продукции.

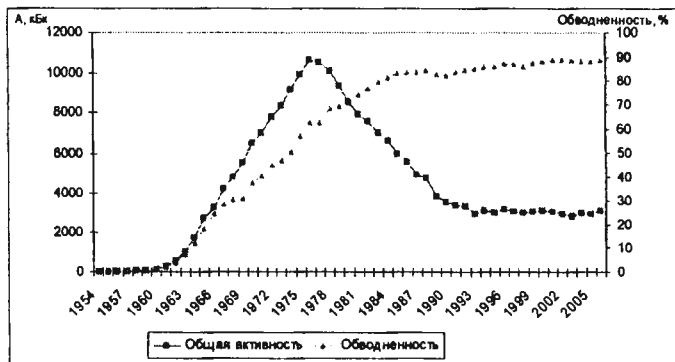


Рисунок 5 – Зависимость изменения общей активности выносимого радия в попутно добываемых водах и величины обводненности добываемой продукции в процессе разработки Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения.

Кривая изменения общей активности радия, приведенная на рисунке 5, достигает максимума, а затем снижается до определенного уровня, который ос-

тается постоянным в последующие годы. Выход графической зависимости изменения общей активности радия на постоянные значения при обводненности продукции 90 %, объясняется стабилизацией химического состава вод и процессами выщелачивания изотопов радия из минерального скелета пласта.

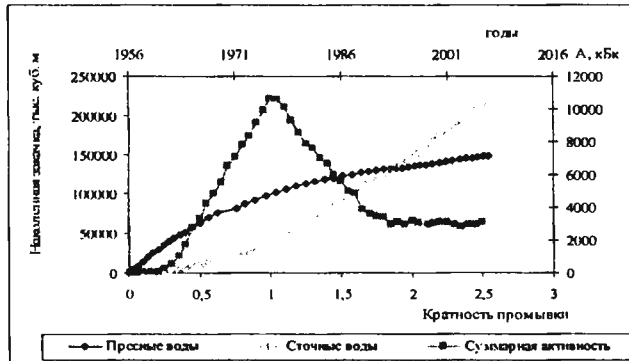


Рисунок 6 – Зависимость изменения общей активности радия в попутно добываемых водах от объема закачки вод в процессе разработки Восточно-Сулеевской площади Ромашкинского месторождения.

Проведенные расчеты показывают, что общая активность имеет экстремум на начальных стадиях разработки месторождения в период извлечения первого порового объема жидкости из продуктивных девонских отложений (рисунок 6).

Полученные зависимости активности вод от обводненности продукции и динамика этих величин во времени позволяют делать прогноз количества попутно извлекаемых изотопов радия, и, в конечном счете, количества осадков, требующих специальных методов обращения с ними.

На основе проведенных с участием автора исследований разработана методика выявления причин отложения радиобарита применительно к условиям Ромашкинского месторождения. Разработаны расчетно-аналитический и радиохимический методы прогнозирования отложения радиобарита на внутрискважинном оборудовании.

Расчетно-аналитический метод. Для прогнозирования вероятности отложения радиобарита в оборудовании скважины в исследуемой попутно добываемой воде определяют содержание сульфата бария, ионов бария и величину

минерализации и сопоставляют значения исследуемых параметров с зависимостями растворимости барита и содержания ионов бария от минерализации попутно добываемых вод (рисунки 7, 8).

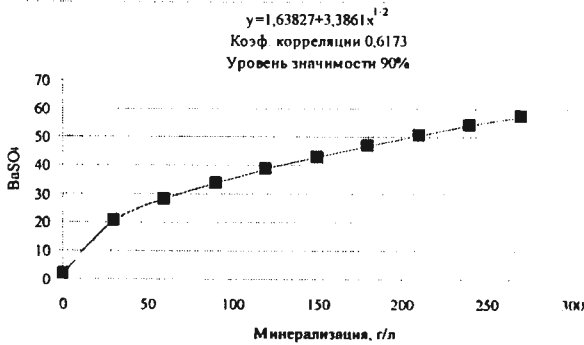


Рисунок 7 – Зависимость растворимости $BaSO_4$ от минерализации воды.

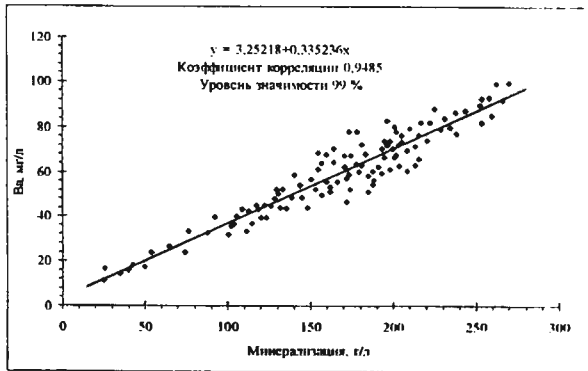


Рисунок 8 – Зависимость концентрации ионов бария от минерализации воды.

Радиохимический метод. Попутно добываемые воды, отобранные из скважин, не осложненных солеотложением, характеризуются определенным “природным” отношением Ra^{226}/Ba , величина которого в числовом выражении составляет 160 Бк/г и выше.

Прогнозирование по этому методу заключается в определении в попутно добываемой воде скважины содержания изотопа Ra^{226} , ионов бария и расчете отношения Ra^{226}/Ba . Значение отношения Ra^{226}/Ba ниже «природного» соотно-

шения (менее 160 Бк/г) свидетельствует о возможности отложения из попутно добываемых вод радиобарита.

Если радиобарит откладывается в оборудовании добывающих скважин из перенасыщенных сульфатом бария попутно добываемых вод (вследствие изменения гидродинамических и термобарических условий при подъеме жидкости с забоя до устья), то попутно добываемая вода насыщена баритом и координаты полученного значения располагаются выше кривой насыщенности (рисунок 7). В данном случае значение концентрации ионов бария при определенной величине минерализации воды будет ниже линии зависимости, приведенной на графике (рисунок 8), при этом расчетное соотношение Ra^{226}/Ba близко к «природному».

Также по химическому и радиохимическому составу попутно добываемых вод можно установить приток вод от постороннего источника обводнения в следующих случаях – при аномально высоких концентрациях ионов бария (рисунок 8) и при соотношении Ra^{226}/Ba значительно меньшем, чем «природное».

Результаты определения притока вод от постороннего источника обводнения по этому методу приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета соотношения Ra^{226}/Ba для попутно добываемых вод из скважин (Восточно-Сулеевская площадь).

№№ скважин	Минерализация, г/л	Ba, г	Ra, Бк	$\frac{Ra, Бк}{Ba, г}$
38	134	0,49	8,3	16,9
1455	163	0,075	1,9	25,3
1456	185	0,087	5,8	66,7
1498	147	0,103	4,5	43,7
1568	173	0,088	2,4	27,3
1572	132	0,077	4,7	61,0
11573	142	0,059	5,3	89,8
19212	161	0,043	2,2	51,2

Для проверки работоспособности предлагаемой методики были проведены исследования с использованием индикатора на опытном участке Восточно-Сулеевской площади. Определение факта поступления воды в добывающую скважину от постороннего источника проведено на основе сравнения относительного выхода индикатора с относительным отбором жидкости в добывающей скважине. Если в пределах рассматриваемого участка не существует заметных оттоков и притоков воды, то относительный отбор индикатора будет

пропорционален относительному отбору жидкости. Если данное отношение меньше единицы, то обводнение данной скважины происходит и за счет посторонних источников.

В пласт горизонта D_1 была закачана меченая индикатором оторочка (рисунок 9).

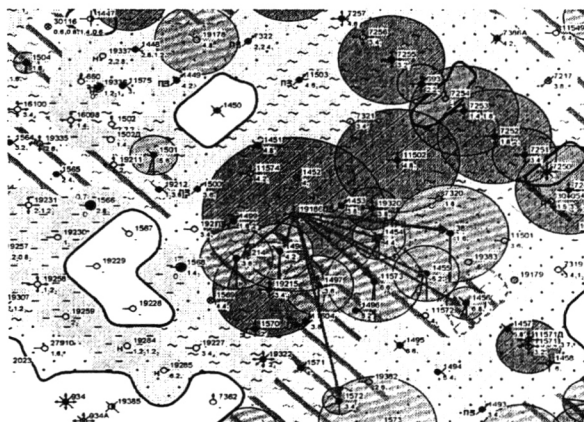


Рисунок 9 - Расположение наблюдательных добывающих скважин на опытном участке в районе нагнетательной скважины №19186.

По результатам исследований установлено, что в юго-западном направлении через четыре добывающие скважины извлечено всего порядка 12 % индикатора и, соответственно, столько же закачиваемой в нагнетательную скважину воды. По промысловым же данным через эти четыре скважины извлечено воды на 80 % больше, чем поступило от нагнетательной скважины.

В юго-восточном направлении через другие четыре добывающие скважины с попутно добываемой водой извлечено 29 % индикатора, соответственно, столько же и закачиваемой в нагнетательную скважину воды. По промысловым данным через эти скважины извлечено более 201 % попутно добываемой воды относительно объема, закачанного за время исследований через нагнетательную скважину.

Отношение относительных отборов воды и индикатора по всем скважинам составило значительно меньше единицы, что свидетельствует о притоке в скважины воды от посторонних источников обводнения.

В качестве примера, на рисунке 10 приведены графики поступления индикатора, ионов бария и сульфат-ионов с добываемой продукцией из пласта в скважине № 38.

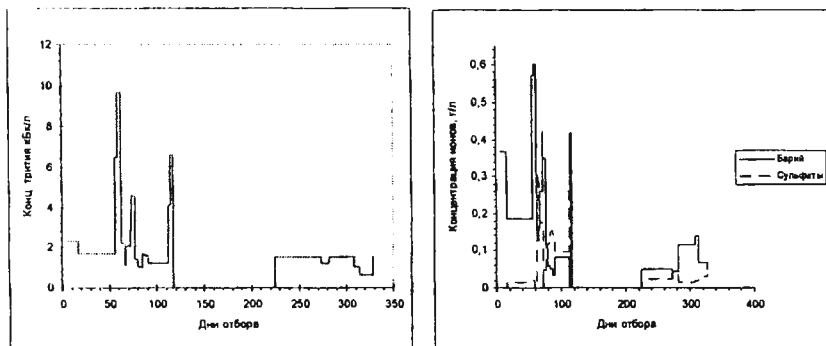


Рисунок 10 – Динамика поступления индикатора, ионов бария и сульфат-ионов с добываемой продукцией из пласта (добывающая скв. № 38).

По результатам химических анализов установлено, что на 63 сутки в попутно добываемой воде появляются сульфат-ионы в значительной концентрации (рисунок 10), что также свидетельствует о поступлении «посторонней» воды. В результате смешения вод происходит отложение радиобарита на внутрискважинном оборудовании. На 112 сутки скважина была остановлена на капитальный ремонт по причине отложения радиобарита. Таким образом, поступление посторонней воды с повышенным содержанием сульфат-ионов обусловило отложение радиобарита на внутрискважинном оборудовании.

Исходя из распределения индикатора по добывающим скважинам в этом направлении, большая часть попутно добываемой воды в скважинах – от постороннего источника обводнения, поэтому большая часть добывающих скважин осложняется отложениями радиобарита.

Таким образом, индикаторные исследования подтвердили прогноз, сделанный по предложенной методике: причиной отложения солей с ПРН на внутрискважинном оборудовании на опытных участках является приток воды, которая является носителем солеобразующих ионов, от посторонних источников обводнения.

В четвертой главе изложены результаты исследований по изучению возможных путей поступления радионуклидов в окружающую среду.

Основную, долговременную роль в поступлении природных радионуклидов в окружающую среду играют процессы:

- механического переноса осадков с ПРН;
- выделения радона из осадков и перенос радионуклидов в виде аэрозолей;
- выщелачивания радионуклидов из осадков и распространения их с водой.

В данной работе впервые изучены процессы выделения, накопления и переноса радона и продуктов его распада применительно к условиям добычи и подготовки нефти. На основе данных о содержании радионуклидов в поверхностных водоемах и подземных водах на территории, прилегающей к объектам подготовки нефти, проведена оценка их поступления в поверхностные и грунтовые воды.

На основе лабораторных экспериментов изучена интенсивность эманации радона из радиобарита. Экспериментально проведена оценка интенсивности накопления радона в замкнутом объеме (емкостное оборудование) при наличии в нем осадков с повышенным содержанием ПРН. Из полученных результатов следует, что повышение температуры до 70°C вдвое увеличивает интенсивность образования аэрозолей (рисунок 11).

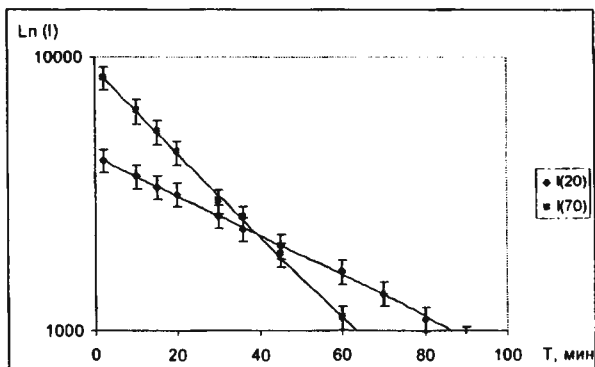


Рисунок 11 – Зависимость логарифма интенсивности счета импульсов от времени измерения при 20°C ($I(20)$) и 70°C ($I(70)$)

Из полученных в ходе экспериментов результатов следует важный с точки зрения радиационной безопасности вывод: для снижения активности радона внутри емкостного оборудования до безопасного уровня необходима активная вентиляция, обеспечивающая, как минимум, пятикратную смену воздуха.

Для расчетной оценки накопления радона в емкостном оборудовании получена зависимость величины значений плотности потока (ППР) радона от толщины осадков с ПРН (рисунок 12).

Результаты измерений при идентичных условиях показывают, что величина ППР увеличивается с толщиной осадков. Исходя из приведенных данных, в емкостном оборудовании, содержащем осадки с ПРН, будет происходить накопление радона.

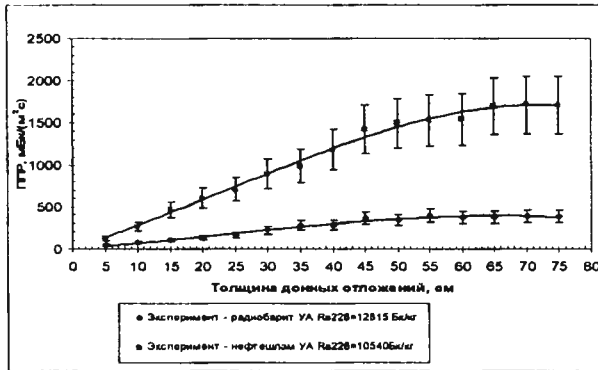


Рисунок 12 - Зависимость величины значений плотности потока радона от толщины осадков с ПРН.

Источником возможного поступления природных радионуклидов в окружающую среду является также образование радиоактивных аэрозолей из донных осадков, содержащихся в технологическом оборудовании или временно размещенных на территории производственных объектов.

Оценка возможного поступления радиоактивных аэрозолей в окружающую среду проведена расчетным путем. Показано, что превышение предельно допустимой объемной активности радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха за пределами производственных объектов может произойти в результате мгновенного выброса аэрозолей из технологического оборудования.

Одним из путей поступления природных радионуклидов в окружающую среду является возможное выщелачивание природных радионуклидов из осадков водами. Для оценки выщелачивания изотопов радия из осадков был проведен ряд лабораторных экспериментов. Из результатов модельных исследований процессов выщелачивания следует:

1) выщелачиваемость изотопов радия из осадков без углеводородной составляющей больше, чем из нативных;

2) с течением времени происходит увеличение количества изотопов радия, перешедшего из твердой фазы в жидкую, что объясняется увеличением минерализации растворов.

Таким образом, при контакте дождевых и талых вод с осадками, содержащими ПРН, возможно поступление изотопов радия в подземные воды.

На основании вышеизложенного в ОАО «Татнефть» разработана, внедрена и действует система мер по обеспечению радиационной безопасности при добыче и подготовке нефти (таблица 3). Она включает в себя пакет нормативно-технологической документации, в которой содержатся требования и мероприятия по обеспечению радиационной безопасности при обращении с осадками, содержащими ПРН в повышенных концентрациях, и для организации производственного радиационного контроля.

Таблица 3 – Реализация результатов исследований

№	Наименование документа	Назначение
1.	РД 153-39.0-594-08 «Общий регламент по обеспечению радиационной безопасности на объектах подготовки нефти ОАО «Татнефть». СЭЗ № 16.11.09.000.Т.003318.12.07	Защита производственного персонала от радиационного воздействия и предотвращение загрязнения окружающей среды природными радионуклидами.
2.	РД 153-39.0-593-08 «Технологический регламент по обеспечению радиационной безопасности при ремонте и демонтаже оборудования, сборе и реализации металлолома». СЭЗ №16.11.09.000.Т.003320.12.07	
3.	«Регламент обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации объектов подготовки нефти ОАО «Татнефть». «Типовая программа вывода из эксплуатации объектов подготовки нефти (обеспечение радиационной безопасности)», 2005.	
4.	«Программа производственного радиационного контроля в ОАО «Татнефть», 2008.	
5.	РД 153-39.0-592-08 «Технологический регламент извлечения углеводородов из донных осадков с повышенным содержанием ПРН, размещенных на территории объектов подготовки нефти». СЭЗ №16.11.09.000.Т.000488.02.08	Ликвидация мест размещения нефтешламов с повышенным содержанием ПРН.
6.	РД 153-39.0-591-08 «Технологический регламент на радиационно-безопасную технологию стабилизации нефтесодержащего сырья». СЭЗ № 16.11.09.000.Т.000489.02.08	
7.	«Методика инвентаризации нефтесодержащих продуктов с ПРН, размещенных на территории объектов подготовки нефти», 2007.	
8.	«Методика по прогнозированию и предупреждению отложения радиобарита на нефтепромысловом оборудовании производственных объектов ОАО «Татнефть», 2003.	Предотвращение отложения радиобарита на оборудовании.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведены экспериментальные исследования физико-химических свойств осадков, содержащих природные радионуклиды, образующихся при добыче и подготовке нефти для условий Ромашкинского нефтяного месторождения.

2. По результатам анализа и обобщения данных исследований радиационной обстановки разработаны мероприятия по предотвращению миграции природных радионуклидов. Установлено, что за счет их реализации за пределами границ объектов подготовки нефти радиационные аномалии отсутствуют.

3. На основе анализа фактического материала выявлены основные закономерности изменения общей и удельной активности изотопа радия в попутно добываемой воде в процессе разработки Ромашкинского месторождения. Общая активность имеет экстремум на начальных стадиях разработки месторождения в период извлечения первого порового объема жидкости из продуктивных девонских отложений, при этом величина удельной активности радия в попутно добываемых водах экспоненциально снижается с 50 до 10 Бк/л на завершающих стадиях разработки при извлечении двух поровых объемов закачиваемой воды для поддержания пластового давления.

4. Разработана методика по выявлению причин и прогнозированию отложения радиобарита на внутрискважинном оборудовании, включающая расчетно-аналитический и радиохимический методы, в основу которых положены зависимости растворимости радиобарита и концентрации ионов бария от минерализации воды, полученные по результатам лабораторных и промысловых исследований.

5. Выявлены механизм и динамика распространения природных радионуклидов из осадков с повышенным содержанием ПРН, образующихся при разработке и эксплуатации нефтяных объектов. Доминирующую роль в поступлении радионуклидов в окружающую среду играют процессы:

- механического переноса осадков с ПРН;
- выщелачивания радионуклидов из осадков и распространения их с водой;
- выделения радона из осадков и перенос радионуклидов в виде аэрозолей, причем, установлено, что повышение температуры осадков до 70⁰С увеличивает интенсивность образования радиоактивных аэрозолей в два раза.

6. Разработаны предложения по предотвращению и снижению интенсивности образования осадков с ПРН на нефтедобывающем оборудовании для внесения дополнений в действующие документы, используемые при проектировании разработки нефтяных месторождений, которые заключаются в следующем:

- обязательное изучение содержания в пластовых водах радия, бария, стронция;
- использование для заводнения пластовых вод разрабатываемых горизонтов и др.

Основные положения исследований применены в четырех руководящих документах по обеспечению радиационной безопасности при добыче и подготовке нефти в ОАО «Татнефть». Результаты исследований использованы при выработке положений «Экологической программы ОАО «Татнефть» на 2000-2015 годы» и «Политики ОАО «Татнефть» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды» (2008 г.).

Основные опубликованные работы по теме диссертации:

1. Ибрагимов, Н.Г., Сизов, Б.А., Зайцев, В.И., Хисамутдинов, А.Ф., Кубарев, П.Н. Радиационная безопасность персонала и предотвращение загрязнения окружающей среды при добыче и подготовке нефти [текст] / Ибрагимов Н.Г., Сизов Б.А., Зайцев В.И., Хисамутдинов А.Ф., Кубарев П.Н. // Нефтяное хозяйство. - 2005, № 3. - С. 26-28.
2. Кубарев, П.Н. Радиозоэкологические исследования пресных подземных вод на нефтепромыслах ОАО «Татнефть» [текст] / Кубарев П.Н., Мингазов М.Н., Хисамутдинов А.Ф., Бадрутдинов О.Р., Билалов Ф.С. // Георесурсы. - 2009, №4. - С. 46-48.
3. Кубарев, П.Н. Исследование причин отложения радиобарита на внутрискважинном оборудовании [текст] / Кубарев П.Н., Хисамутдинов А.Ф., Антонов Г.П., Халиуллина А.С. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». - 2009. - С. 429-442.
4. Антонов, Г.П., Зайцев, В.И., Кубарев, П.Н., Хисамутдинов, А.Ф. Радиационная безопасность при разработке нефтяных месторождений [текст] / Антонов Г.П., Зайцев В.И., Кубарев П.Н., Хисамутдинов А.Ф. // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции, посвященной 70-летию баш-

кирской нефти «Роль региональной отраслевой науки в развитии нефтедобывающей отрасли». - Уфа, 2002. - С. 86-88.

5. Зайцев, В.И., Антонов, Г.П., Кубарев, П.Н., Хисамутдинов, А.Ф. Механизмы выноса природных радионуклидов из пласта и образования радиоактивных осадков на нефтепромысловом оборудовании [текст] / Зайцев В.И., Антонов Г.П., Кубарев П.Н., Хисамутдинов А.Ф. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть «Актуальные проблемы геологии и разработки нефтяных месторождений Татарстана». - М.: НП «Закон и порядок». - 2006. - С. 477-480.

6. Антонов, Г.П., Кубарев, П.Н., Хисамутдинов, А.Ф. Радиоэкологический мониторинг воздействия объектов подготовки нефти на окружающую среду [текст] / Антонов Г.П., Кубарев П.Н., Хисамутдинов А.Ф. // Сборник докладов научно-технической конференции, посвященной 50-летию ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть». - М.: ЗАО «Издательский дом МКТС», 2006. - С. 123-127.

7. Антонов, Г.П., Кубарев, П.Н., Хисамутдинов, А.Ф. Обеспечение радиационной безопасности на объектах подготовки нефти ОАО «Татнефть» [текст] / Антонов Г.П., Кубарев П.Н., Хисамутдинов А.Ф. // Сборник докладов научно-технической конференции, посвященной 50-летию ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть». - М.: ЗАО «Издательский дом МКТС», 2006. - С. 127-130.

8. Бадрутдинов, О.Р., Изотов, В.Г., Ситдикова, Л.М., Кубарев, П.Н. Влияние объектов нефтегазового комплекса на радиационную обстановку окружающей среды [текст] / Бадрутдинов О.Р., Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Кубарев П.Н. // Промышленная экология и безопасность: Материалы III научной конференции. - Казань, 2008. - С. 9-13.

9. Ибрагимов, Н.Г., Сабаев, П.Н., Мингазов, М.Н., Кубарев, П.Н., Хисамутдинов, А.Ф. Опыт организации обеспечения радиационной безопасности в ОАО «Татнефть» [текст] / Ибрагимов Н.Г., Сабаев П.Н., Мингазов М.Н., Кубарев П.Н., Хисамутдинов А.Ф. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». - 2008. - С. 444-452.

1/6 -

Отпечатано в секторе оперативной полиграфии
института «ТатНИПИнефть» ОАО «Татнефть»
тел.: (85594) 78-656, 78-565

Подписано в печать 06.05.2010 г.

Заказ №06051001 Тираж 100 экз.